

L2: Entry 2 of 6

File: DWPI

Aug 19, 1997

DERWENT-ACC-NO: 1997-468242

DERWENT-WEEK: 199743

COPYRIGHT 2002 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Liquid cooling remote plasma applicator - has coolant tube wound spirally on area of plasma tube exposed to electromagnetic radiation and circulates coolant to cool plasma tube during operation..

PRIORITY-DATA: 1996US-0593831 (January 30, 1996)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP <u>09219295</u> A	August 19, 1997		006	H05H001/28

INT-CL (IPC): H05 H 1/28; H05 H 1/30

ABSTRACTED-PUB-NO: JP09219295A

BASIC-ABSTRACT:

The applicator has an output source which provides electromagnetic radiation to a waveguide (14) during an operation. A plasma tube (12) is arranged orthogonally inside the waveguide so that gas flowing in the waveguide is excited corresponding to the electromagnetic radiation.

A coolant tube (16) is wound spirally on the exterior of the plasma tube which is exposed to the electromagnetic radiation. Coolant is circulated by the coolant tube to cool the plasma tube during operation.

ADVANTAGE - Enables efficient cooling of e.g. applicator without overly reducing energy degree of microwave.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-219295

(43) 公開日 平成9年(1997)8月19日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

H05H 1/28

1/30

識別記号

庁内整理番号

F I

H05H 1/28

1/30

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全6頁)

(21) 出願番号 特願平9-16833

(22) 出願日 平成9年(1997)1月30日

(31) 優先権主張番号 08/593831

(32) 優先日 1996年1月30日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ  
イテッド

APPLIED MATERIALS, I  
NCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9505  
4 サンタ クララ パウアーズ アベニ  
ュー 3050

(72) 発明者 ハラルド ハーチェン

アメリカ合衆国, フレモント, ウッド  
クリーク テラス 366

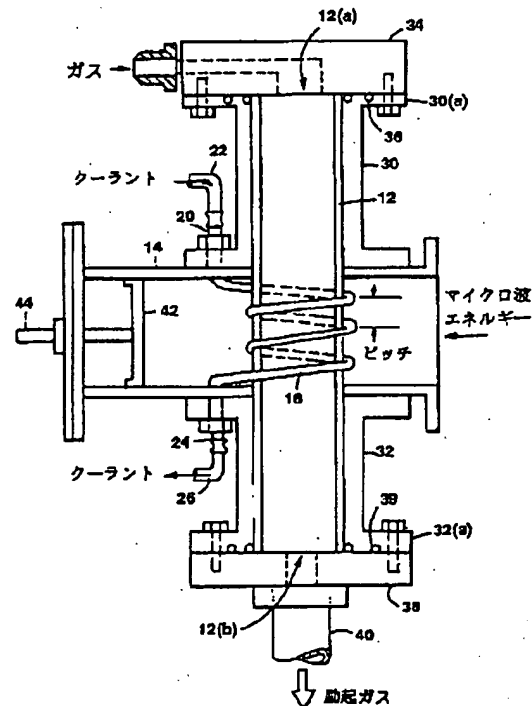
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

(54) 【発明の名称】 液冷式リモートプラズマアプリーケータ

(57) 【要約】

【課題】 マイクロ波等のエネルギーをさほど減じず  
に、アプリーケータ等を効率良く冷却する。

【解決手段】 動作中に電磁放射を受容する導波路と、  
導波路を貫通し導波路内の電磁マイクロ波放射により自  
身の内部を流れるガスが励起されるプラズマチューブ  
と、プラズマチューブの外側の周囲で且つプラズマチュ  
ープのうち導波路内部にあり電磁放射に曝露される部分  
の上をスパイラル状に巻き付けられるクーラントチュー  
ブ (冷却液チューブ) と、を備えている。使用中は、プ  
ラズマチューブを冷却するよう、クーラントがクーラン  
トチューブ内を循環する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 出力ソースに用いるための液冷式プラズマアプリケーションであって、

動作中に出力ソースから電磁放射を受容する導波路と、前記導波路内を通過し、且つ、前記導波路内の電磁放射により自身の中を流れるガスを励起するように配置されるプラズマチューブと、

前記プラズマチューブの外側で、且つ、前記プラズマチューブのうち前記導波路の中に配置されている領域で電磁放射に曝露されている領域の上に、スパイラル状に巻き付けられるクーラントチューブであって、使用の際には前記プラズマチューブを冷却するためクーラントを前記クーラントチューブの中に循環させる、前記クーラントチューブとを備える液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項2】 該電磁放射がマイクロ波放射であり、前記導波路がマイクロ波導波路である請求項1に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項3】 マイクロ波放射ソースを更に備える請求項2に記載のプラズマアプリケーション。

【請求項4】 前記マイクロ波放射ソースが、1~100センチメートルの範囲にある波長を有するマイクロ波を発生する請求項3に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項5】 該マイクロ波放射の波長が $\lambda$ であり、前記クーラントチューブの外径がDであり、Dが $\lambda/100$ 未満である請求項2に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項6】 該マイクロ波放射の波長が $\lambda$ であり、前記スパイラル状のチューブが、巻と巻の間の間隔がSであるコイルをなし、Sが $\lambda/50$ よりも大きい請求項2に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項7】 該マイクロ波放射の波長が $\lambda$ であり、前記クーラントチューブの外径がDであり、前記スパイラル状のチューブが、巻と巻の間の間隔がSであるコイルをなし、SがDよりも大きい請求項2に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項8】 該マイクロ波放射の波長が $\lambda$ であり、前記クーラントチューブの外径がDであり、前記スパイラル状のチューブが、巻と巻の間の間隔がSであるコイルをなし、Sが2D (Dの2倍) よりも大きい請求項2に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項9】 前記クーラントチューブ内を循環させるクーラントを受容するための流入コネクタと、前記クーラントチューブを通過した後のクーラントを排出するための流出コネクタとを更に備える請求項1に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項10】 前記クーラントチューブが前記プラズマチューブの外周と接触する請求項9に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項11】 前記プラズマチューブがセラミック製

である請求項7に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項12】 前記プラズマチューブが酸化アルミニウム製である請求項7に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項13】 前記プラズマチューブがサファイア製である請求項12に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項14】 前記クーラントチューブが誘電材料製である請求項13に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項15】 前記クーラントチューブがテフロンないしポリ四弗化エチレン樹脂製である請求項14に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項16】 前記プラズマチューブが設置されるアプリケーション本体を更に備える請求項2に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項17】 前記アプリケーション本体の流入端に設置され、前記プラズマアプリケーションヘガスラインをつなぎ前記プラズマチューブ内ヘガスを流す通路を与える、第1のアダプタ板を更に備える請求項16に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

【請求項18】 前記アプリケーション本体の流出端に設置され、前記プラズマアプリケーションから流出する励起ガスを排出するための通路を有する、第2のアダプタ板を更に備える請求項17に記載の液冷式プラズマアプリケーション。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は概説的には、リモートプラズマソースに関する。

【0002】

【従来の技術】 プラズマベースのリモート励起ソースないしプラズマアプリケーションは、高い入力電力を取り扱う必要があり、また、高温と高化学反応性環境との組み合わせの環境に耐える必要がある。例えば、プラズマアプリケーションの通常の用途において、ジェネレータにはNF<sub>3</sub>ガスが流入し、これがプラズマにより分解する。その結果、励起種が生じてこれがアプリケーション中を流動し、インシチュウチャンバクリーニング、エッチング、フォトリジストストリッピングやその他のあらゆる処理を行う半導体処理装置の中に進入する。インシチュウチャンバクリーニングに反応性種を用いる例としては、1994年7月21日に出願の米国特許出願S. N. 08/278605号、標題 A Deposition Chamber Cleaning Technique Using a Remote Excitation Source (「リモート励起ソースを用いた堆積チャンバのクリーニング技術」)の特許出願に記載されている。

【0003】 このように非常に苛酷な環境に装置が晒されるため、プラズマアプリケーションはすぐに使用不能になってしまう。例えば、市販のアプリケーションによっては、

クオーツチューブを用いてこのような励起種を収容してしまうものもある。このようなシステムでは、発生する弗素がチューブを急速にエッチングしてしまう。更に、電力のレベルが高い場合（1ないし1.5 kW以上）は、クオーツは破壊されやすい。このように、アプリケーションを2〜3回用いた後、あるいはある時間操作を持続させた後では、チューブの壁は、このシステムを支配している高温及び真空中に晒され続けられすぐに破壊されてしまうほどに薄くなっている。従って、チューブは、寿命の非常に初期の段階で、新しいチューブと取り替えなければならない。クオーツチューブを定期的に交換しなければならない不便さとコストは共に非常に高いものである。

【0004】現在あるプラズマアプリケーションの中には、クオーツチューブの代りにセラミックチューブを用いるものもある。セラミックチューブは、しばしば遭遇する化学的腐食性環境において、クオーツチューブよりも耐久性が高い。しかし、セラミックチューブは万能薬ではない。これらは通常、クオーツやその他の材料と比べて、熱膨張係数が比較的高い。従って、このようなシステムに通常行われる室温と高い処理温度との間の温度サイクルを繰り返すことにより、セラミックチューブには大きな応力が発生することになる。この応力により、チューブにクラックが生じて破壊される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】マイクロ波プラズマアプリケーションでは、2本の同心状のセラミックチューブを用いるものが開発されており、これらチューブ、即ち外側チューブと内側チューブは共に、マイクロ波放射に対して透過性を有する材料、例えばクオーツやサファイア製である。内側チューブはプラズマを収容し、従って、高温及び腐食性の高い環境に曝露される。内側チューブを冷却するため、2つのチューブの間の環状の領域の中に水を流す。このようなシステムは、1995年2月13日に出版の米国特許出願第08/387603号に記載されている。水はマイクロ波を吸収するため、この環状の領域を形成できる厚さには、厳しい制限がある。厚すぎれば、マイクロ波は著しく減じられ、内側チューブの中にプラズマを発生しこれを維持することが困難あるいは不可能になる。他方、この領域が薄すぎれば、冷却効率が著しく悪化する。

【0006】

【課題を解決するための手段】概説的に、1つの特徴として、本発明は、出力ソースに用いる液冷式プラズマアプリケーションである。このアプリケーションないしジェネレータは、動作中に電磁放射を受容する導波路と、導波路を貫通し導波路内の電磁マイクロ波放射により自身の内部を流れるガスが励起されるプラズマチューブと、プラズマチューブの外側の周囲で且つプラズマチューブのうち導波路内部にあり電磁放射に曝露される部分の上をスパ

イラル状に巻き付けられるクーラントチューブ（冷却液チューブ）と、を備えている。使用中は、プラズマチューブを冷却するよう、クーラントがクーラントチューブ内を循環する。

【0007】好ましい具体例では、以下の特徴を有している。アプリケーションはマイクロ波放射ソースも有し、また、導波路はマイクロ波導波路である。マイクロ波放射ソースにより、波長1〜100センチメートルの波長を有するマイクロ波が発生する。マイクロ波の放射の波長が入るとすれば、クーラントチューブの外径はおおよそ1/100よりも低く、また、スパイラル状クーラントチューブは約1/50よりも大きな巻き間隔を有するコイル状である。あるいは、スパイラル状クーラントチューブの巻き間隔は、クーラントチューブの外径よりも大きくてもよい（例えば、クーラントチューブの直径の2倍以上）。また、液冷式プラズマアプリケーションは、クーラントチューブ内を循環させようとするクーラントを受容するための流入コネクタと、クーラントチューブの中を通過した後のクーラントを流出させる流出コネクタとを有している。更に、クーラントチューブはプラズマチューブの外周と接触している。

【0008】また、好ましい具体例では、プラズマチューブはセラミック製であり、例えば酸化アルミニウム製やサファイア製などである。また、クーラントチューブは誘電材料製であり、例えばテフロン（ポリ四弗化エチレン樹脂）製である。また、液冷式プラズマアプリケーションは、自身の内部にプラズマチューブが設置されるアプリケーション本体と、アプリケーション本体の流入端に設置される第1のアダプタ板と、アプリケーション本体の流出端に設置される第2のアダプタ板とを有している。第1のアダプタ板は、ガスラインをプラズマアプリケーションへとつなげ、プラズマチューブプラズマチューブ内のガスが流入する通路を与える第1のカップリングを有し、第2のアダプタ板は、プラズマアプリケーションから流出する励起ガスの流出通路を有している。

【0009】スパイラル状冷却器の構成により、マイクロ波を吸収する水等のクーラントを用いる場合でも、プラズマチューブ内を通過するマイクロ波エネルギーをあまり減じずに、プラズマチューブを十分に冷却することが可能となる。本発明の液冷式プラズマアプリケーションは、半導体製造産業で用いられる化学物質のうち最も攻撃性の高い化学物質のいくつかと共に用いることが可能であり、これは例えば、 $Cl_2$ 、 $NF_3$ 、 $CF_4$ 、その他弗素化合物が挙げられる。

【0010】本発明のその他の利点及び特徴は、好ましい具体例の記載及び請求の範囲により明らかになるだろう。

【0011】

【発明の実施の形態】図1に示すように、液冷式プラズマアプリケーション10は、プラズマチューブ12を有して

いる。プラズマチューブ12は、チューブ内で励起しようとするガスを受容するための流入端12(a)と、遠隔にあるプロセスチャンバ(図示せず)へ励起したガスを流すための流出端12(b)とを有している。プラズマチューブ12は、方形の導波路14の中を貫通する。導波路14は、導波路14の一方の端部につながったマイクロ波ジェネレータ(図示せず)からのマイクロ波エネルギーを受容する。プラズマチューブ12の導波路14の中にある部分は、導波路14へと与えられるマイクロ波エネルギーに曝露される。プラズマチューブ12は、用いるマイクロ波の放射に対して実質的に透過性を有する誘電材料製であり、動作中にプラズマチューブ12の中に発生するプラズマとマイクロ波の場とを最適に結合させるように導波路14の中に配置される。例えば、プラズマチューブ12は、マイクロ波放射の方向を横切る方向に通じ、導波路内部の電界がプラズマチューブ内部に最大値をもつように配置される。

【0012】ここに記載される具体例では、プラズマチューブ12は酸化アルミニウム製、特に単結晶のサファイア製である。サファイアチューブは、例えば米国ニューハンプシャー州ミルフォードの Saphikon 社などから入手可能である。しかし、プラズマチューブ12は、プラズマチューブ内のプラズマ励起ガスによって生じる高温及び高腐食性の環境に耐え得るあらゆる材料を使用可能である。例えば、他のセラミック材料製であってもよく、あるいは、クォーツ製であってもよい。

【0013】上述の如く、動作中には著しい量の熱が発生するだろう。プラズマチューブ12を冷却するために、プラズマチューブの外側の周囲で且つプラズマチューブの導波路内部に配置される部分全体の上方で、スパイラル状に巻き付けられる、スパイラル型チューブ又はコイル16が具備される。コイル16の巻きの間にオープンスペースを形成するように、コイル16の巻き同士が分離される。コイル16の巻きが相互に分離することにより、プラズマチューブ12の中へのマイクロ波が通過するウィンドウが形成され、このとき、管自身又はその中を通るクーラントによりマイクロ波が著しく吸収されることはない。

【0014】図1に示されている、配管の相対サイズ、巻きの数、巻き同士の間隔は、例示が容易となるように選択したものであり、実際の具体例を代表するものではない。実際の具体例では、配管のサイズ、巻きの数、巻き同士の間隔は、適切に以下に示すガイドラインに従って選択される。

【0015】ここに記載される具体例では、コイル16はテフロン(ポリ四弗化エチレン樹脂)製であり、この材料は、プラズマチューブ12の外側で生じる比較的高温に対して耐性を有する材料である。無論、動作中にチューブの周りに存在するだろう条件に耐え得る限り、マイクロ波を吸収する他の誘電材料や、更には非誘電性の

材料を用いることが可能である。

【0016】コイル16の一方の端部にはクーラント供給ライン22に接続する流入コネクタ20が具備され、コイル16の他方の端部には流出ライン26に接続する流出コネクタ24が具備される。動作中は、コイル16の中をクーラントが循環し、プラズマチューブ12から熱を奪い去る。ここに記載される具体例では、クーラントはフィルターを通った水である。しかし、他のクーラントを用いてもよい。水を用いる利点は、水道から容易に入手でき、しかも再循環させる必要がない点である。従って、水道水を用いることにより、再循環のためクーラントから熱を除去する熱交換器を用いる必要をなくすることができる。

【0017】アプリケーション12は、導波路14の上側に取り付けられた、上側の円筒状中空の本体部30と、導波路14の底部に取り付けられた、下側の円筒状中空の本体部32とを有している。上側本体部30と下側本体部32は共にメタル製(例えばA1)であり、これら本体部30、32の中を通過するプラズマチューブ12の外径よりも僅かに大きな内径を有している。上側本体部30の上端にはフランジ30(a)が具備され、このフランジには、遠隔のガスソースからプラズマチューブ12内へとガスをつなげるためのアダプタ板34がボルト留めされている。

【0018】アプリケーション10の下流端には、同様の構成が配置されている。即ち、下端下側本体部32にはフランジ32(a)が具備され、このフランジには、プラズマチューブ12からのプラズマ励起ガスを、処理システム(例えばプラズマ処理システム)に接続するライン40へとつなげるための、別のアダプタ板38がボルト留めされている。

【0019】電磁放射は、マイクロ波の範囲にある周波数(例えば、波長1cm~100cm)でなされる。ここに記載される具体例では、マイクロ波ソースは約2.54GHzで動作する。また、出力ソースは、これより低いRFの範囲にある周波数で動作する。このケースであっても、プラズマへ放射を結合させる方法は、ここに図示され説明されたものから修正しなければならない場合がある。

【0020】導波路14のマイクロ波ソースが結合する開口と反対の端部には、ブランジャ44によって動かし出し入れすることができるメタルショート42が具備される。メタルショート42は、プラズマチューブ12の中を流れるガスの内部でプラズマを点火させるに適切なポジションまで移動して、そのポジションに置かれる。このポジションは、トライアルアンドエラーにより容易に見出すことができる。メタルショート42は、エッチレイトを最も高くするための最適なポジション又はその近傍に配置されるべきであることが見出された。無論、いわゆる当業者に知られそして用いられ得る、別の設計

及びチューニングの方法もある。例えば、米国特許第 4,851,630 号に記載されるシステムなどである。本発明は特定の導波路の設計ないしチューニングの技術に制限されるものではない。

【0021】前述の如く、コイル 16 の巻の間の空間により、プラズマチューブ 12 の中へのマイクロ波が通過するウィンドウが形成され、このとき、冷却システムによりマイクロ波が著しく吸収されることはない。伝達される電力に対する冷却効率を最適化するように、巻の間隔ないしピッチを選択するべきである。この間隔が小さ過ぎれば、プラズマチューブ内へ伝達されるマイクロ波エネルギーが著しく減じられるであろう。他方、この間隔が大き過ぎれば、冷却効率が許容できるものではなくなる。一般に、離れていることによる伝達分は、コイルの巻きのピッチないし間隔の自乗で上昇する。許容される間隔は、 $\lambda/50$  の範囲であり、 $\lambda$  は放射の波長である。

【0022】クーラント及びおそらくコイル自身（コイルに用いる材料の選択によるが）もマイクロ波を吸収するため、コイルを形成する配管の直径が、吸収量を最小にするように充分小さくすることが重要である。スパイラル型コイルは、熱伝導によりプラズマチューブ 12 から熱を奪い去り、冷却効率はコイル配管の直径に比例して増加する。他方、コイルにより吸収されるマイクロ波エネルギーは、コイルの直径に比例して増加する。従って、コイルの直径の増加に伴い、冷却効率への寄与分がプラズマチューブへのマイクロ波伝達の減少により相殺される分よりも大きくなるような点が存在することになるだろう。しかし、チューブが小さ過ぎれば、加熱されたプラズマチューブを冷却得る能力が弱められるだろう。一般に、配管の直径がおよそ  $\lambda/100$  のオーダーまたはそれ以下であれば許容される。

【0023】ここに記載した具体例では配管形成のための材料にプラスチック又はテフロンを用いているが、他の適切な材料を用いることもでき、これには例えば、銅などの非誘電マイクロ波吸収材料だけでなく、マイクロ波を吸収しない誘電材料が含まれる。更に、配管中を循環するクーラントと加熱されたプラズマチューブの外壁との間の熱伝導を更に向上させるため、熱セメントを用いることもできる。

【0024】サファイアプラズマチューブの壁の厚さは、コイル 16 の巻と巻の間隔により決まる。ここに記載される具体例では、コイルの巻と巻の間隔が 0.25 インチ（1 インチ = 約 25.4 mm）に対して、壁の厚さは約 0.06 インチよりも大きい。壁の厚さをこのようにすることにより、壁の長手方向の温度勾配がコイルで軸方向の温度勾配に確実に適合するようになり、熱応力を最小にする。

【0025】コイルを形成する配管の壁の厚さは主に、コイルの中をポンプ輸送される液体クーラントの圧力

より決まる。無論、コイルが壊れないようにするためには、高い圧力に対してより厚い壁が必要である。

【0026】このプラズマアプリケータは、広範な用途に用いることができる。例えば、図 2 に示されるように、プラズマ処理システムの励起ガス種の遠隔のソースとして用いることも可能である。この用途では、外部のガスソース 100 から、導管 102 を介してプラズマアプリケータ 10 のガス流入ポートへ反応性ガスを供給する。次に、プラズマアプリケータ 10 内で生成した励起ガス種は、プラズマアプリケータ 10 のガス流出ポートに接続したライン 40 を介してプラズマチャンバ 104 の中へと供給される。アプリケータの冷却システムの流入ポートと流出ポートの間に接続されるポンプ 104 及び熱交換器 106 により、動作中は、クーラントをアプリケータ 10 内に循環させる。導波路 14 へ電力を供給するマイクロ波ソース 108 は、アプリケータ 10 のプラズマチューブ 12 の中にプラズマを発生させ、主プラズマチャンバ 104 へガス種を導入する前にこれを励起するようにする。

【0027】このようなシステムに典型的に存在するその他の部材には、プラズマチャンバを脱気するための真空ポンプと、プラズマチャンバ内に第 2 のプラズマを発生させるための出力ソース（例えば、RF 電源や DC 電源）とがある。

【0028】励起された種は、何等かの適切な方法で処理チャンバ内に輸送される。更に、アプリケータは、基板処理チャンバに直接設置してもよく、又は、基板処理チャンバから離して配置してもよく、この場合には、適切な材料の励起ガス供給ラインが必要となる。励起弗素の場合のように、励起種の反応性が非常に高い場合は、ライン 40 を形成する材料は、発生する励起種と相互作用をしない材料、例えばステンレス鋼とする必要がある。他の適切な材料には、アルミニウム、セラミックや一部の弗素ベース材料等が挙げられる。

【0029】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、マイクロ波等のエネルギーをさほど減じずに、アプリケータ等を効率良く冷却することができる装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の具体例の 1 つであるプラズマアプリケータの断面図である。

【図 2】図 1 のプラズマアプリケータを用いた半導体処理システムの構成図である。

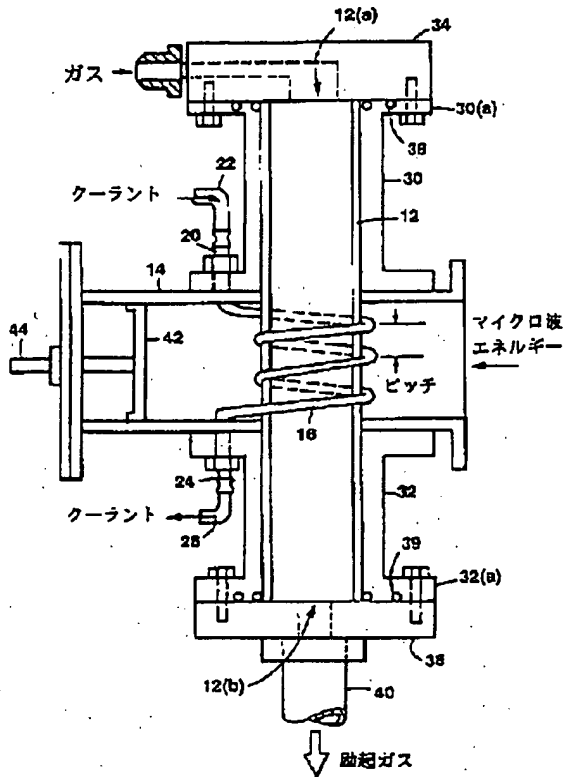
【符号の説明】

10…液冷式プラズマアプリケータ、12…プラズマチューブ、12(a)…流入端、12(b)…流出端、14…導波路、16…スパイラルチューブ、20…流入コネクタ、22…クーラント供給ライン、24…流出コネクタ、26…流出ライン、30…アプリケータ上側本体

9

部、30(a) …フランジ、32…アプリーケータ下側本体部、32(a) …フランジ、34、38…アダプタ板、40…ライン、42…メタルショート、44…プラ

【図1】



10

ンジャ、102…導管、104…プラズマチャンバ、106…熱交換器、108…マイクロ波ソース。

【図2】

